

SCANNING ALIGNER

Patent Number: JP7283110
Publication date: 1995-10-27
Inventor(s): UMAGOME NOBUTAKA
Applicant(s): NIKON CORP
Requested Patent: ☐ JP7283110
Application: JP19940069761 19940407
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/027; G03F7/20;
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To carry out exposure by overlaying a mask pattern highly accurately on a pattern formed on a photosensitive substrate.

CONSTITUTION: Mark detection systems (20 to 27) detect a mask alignment mark and a substrate alignment mark in a first position inside an illumination region of illumination light provided inside a pattern surface of a mask, and a mask and a substrate are synchronously scanned by using the result. Movable members (24a, 24b, 8) make a detection position of a mark detection system in a pattern surface of a mask movable between the first position and a second position which deviates in a scanning direction from an illumination region. During scanning exposure, adjustment means (MCS, 12, 13) adjust a relative position between a mask and a substrate based on detection results when a mark detection system detects a mask mark and a substrate mark in the second position.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

11

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-283110

(49) 公開日 平成7年(1995)10月27日

(51) Int. Cl. ³	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027				
G03F 7/20	521			
9/00		H		
			H01L 21/30	618
審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全12頁)				

(21) 出願番号 特願平6-88781

(22) 出願日 平成6年(1994)4月7日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 馬込 伸貴

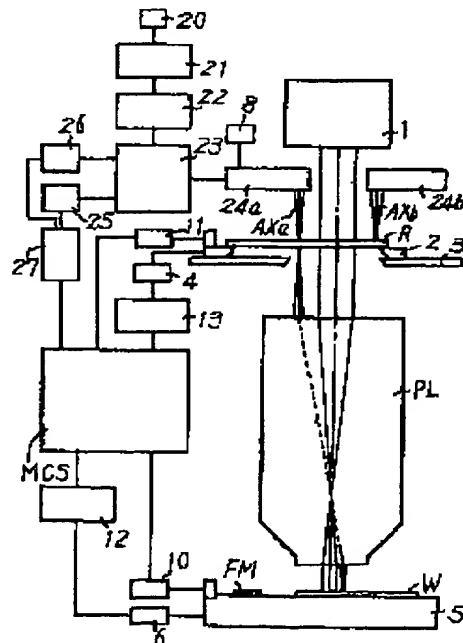
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 走査露光装置

(57) 【要約】

【目的】 感光基板上に形成されたパターンに対してマスクのパターンを高精度に重ね合わせて露光する。

【構成】 マスクのパターン面内に規定される照明光の照明領域内の第1位置で、マーク検出系(20~27)がマスクアライメントマークと基板アライメントマークとを検出し、その結果を利用してマスクと基板とを同期的に走査する。可動部材(24a、24b、8)はマスクのパターン面内におけるマーク検出系の検出位置を、第1位置と照明領域から走査方向にずれた第2位置との間で可動とする。そして、走査露光中、マーク検出系が第2位置でマスクマークと基板マークとを検出したときの検出結果に基づいて、調整手段(MCS、12、13)はマスクと基板との相対的な位置を調整する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの照明光をマスク上の所定の照明領域に照射する照明光学系と、前記マスクのパターンを感光基板上に投影する投影光学系とを備え、前記マスクと前記感光基板とが前記投影光学系の光軸に垂直な所定の走査方向に同期的に移動することによって、前記パターンの投影像を前記感光基板上に走査露光する装置において、
前記マスクは前記走査方向に連続的、又は断続的に形成されたマスクマークと、該マスクマークとは異なる位置に形成されたマスクアライメントマークとを有し、
前記感光基板は前記走査方向に連続的、又は断続的に形成された基板マークと、該基板マークとは異なる位置に形成された基板アライメントマークとを有し、
前記マスク上に形成されたマークと前記基板上に形成されたマークとの各々を照明するとともに、該各々のマークから発生した光を前記投影光学系を介して光電検出するマーク検出系と、
前記マーク検出系による前記マスクのパターン面内におけるマークの検出位置を、前記パターン面内に規定される前記照明領域内、若しくは該照明領域の近傍の第1位置と、前記照明領域から前記走査方向の前記マスクが送られてくる側にずれた第2位置との間で可動とする可動部材と、
前記マーク検出系が前記第1位置で前記マスクアライメントマークと前記基板アライメントマークとを検出したときの検出結果を利用して、前記マスクと前記感光基板とを同期的に移動させる駆動手段と、
前記走査露光中、前記マーク検出系が前記第2位置で前記マスクマークと前記基板マークとを検出したときの検出結果に基づいて、前記マスクマークと前記基板マークとの前記走査方向における位置ずれ量を求めるとともに、該位置ずれ量に基づいて、前記マスクと前記感光基板との前記走査方向における相対的な位置を調整する調整手段とを有することを特徴とする走査露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、マスク上のパターンを感光基板上に投影露光する際、マスクと感光基板とを同期して走査する投影式走査露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子又は薄膜ヘッド等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介して感光基板（以下「ウェハ」と記す）上に露光する投影露光装置が使用されている。最近では半導体素子の1個のチップパターン（ウェハ上に照射される1つのショット領域）を大型化する傾向にあるため、レチクルを照明する

照明領域に対してレチクルとウェハとを同期して相対走査することにより、レチクルのパターンをウェハ上に露光する走査露光装置が開発されている。

【0003】従来の走査露光装置として、フルフィールド投影が可能な縮小投影光学系を用いてステップアンドスキャン露光を行う技術が例えば特開平2-229423号公報に開示されている。このようなレチクルのパターンを所定の投影倍率でウェハ上に露光するスキャン方式の露光装置においては、レチクルステージとウェハステージとを投影倍率に応じた速度比で精密に走査移動させる必要があるとともに、走査中に生じるレチクルのパターンとウェハ上のパターンとの整合状態からのずれも許容範囲内に押さえ込んでおく必要がある。許容できる整合ずれは、ウェハ上の最小パターン線幅から概略的に規定されるが、例えば0.8μm程度の線幅のパターンをウェハ上に形成するとすると、その1/5〜1/10以下のずれ量しか許容されない。

【0004】従って走査露光中においては、レチクルとウェハとの相対的なずれを常にモニターできることが望ましい。その1つの従来例として、特開平4-307720号公報に開示されたように、レチクルとウェハとの両方に走査方向に沿って所定ピッチで回折格子を一樣に設け、これらの回折格子の各々を同時に検出するアライメント系を設ける。このアライメント系は走査露光中にレチクル上の回折格子マークとウェハ上の回折格子マークとの各々に光を照射して、各マークから発生する光を逐次検出してリアルタイムに相対位置ずれを検出する。そして、この位置ずれが0となるようにレチクルステージをサーボ制御して、ウェハとレチクルとの相対位置関係を補正するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の如き従来技術は、アライメント系で求めたレチクルとウェハとの相対位置ずれ量が常に零となるように、レチクルステージの位置をサーボ制御して、同期走査中にレチクルの位置を補正している。すなわち、レチクル上の露光光の照明領域内におけるレチクルとウェハとの位置ずれを検出している。従って、レチクルとウェハとの相対走査の速度をある程度低速にしないとレチクルの位置補正が追いつかなくなってしまい、十分な重ね合わせ精度が得られないといった問題が生じる。

【0006】また、レチクルのパターンをウェハ上に露光された複数のショット領域に対して順次露光していく場合、夫々のショット領域の位置を予め求めておき、そのショット領域の位置に基づいてウェハステージを露光開始位置に配置したのち、露光すべきショット領域に対して走査露光を行う必要がある。従って、通常ウェハ上のショット領域に付随して形成されているアライメントマークを検出して、ショット領域の位置を検出する工程（例えばグローバルアライメント等）を経て露光動作に

入る。

【0007】ここで、上述した走査露光中のアライメント系によって各ショット領域に形成されたアライメントマークを検出することができるが、そのアライメントマークを検出する位置に応じて投影光学系のディストーションによる検出誤差が生じてしまうため、このアライメントマークを実際に露光が行われる位置、すなわち露光の照明領域内で検出しなければならない。

【0008】また、上述のアライメントマークを検出するためのアライメント系と走査露光中のアライメント系とを露光装置中に別々に設けることも可能であるが、スペース、コスト、光学調整等の点で極めて不利となる。特に狭いレチクル周辺にアライメント光学系が集中することは、アライメント光学系の設計において不利となる。

【0009】本発明は上述の如き問題点に鑑みてなされたものであり、ウェハ上に形成されたショット領域とレチクル上のパターン領域とを高精度に重ね合わせて露光することが可能な走査露光装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】かかる問題点を解決するため本発明においては、例えば図1に示すように、光源からの照明光をマスク(R)上の所定の照明領域(EA)に照射する照明光学系(1)と、マスク(R)のパターンを感光基板(W)上に投影する投影光学系(PL)とを備え、マスク(R)と感光基板(W)とが投影光学系の光軸に垂直な所定の走査方向に同期的に移動することによって、パターンの投影像を感光基板(W)上に走査露光する装置において、マスク(R)は走査方向に連続的、又は断続的に形成されたマスクマーク(RM_x、RM_y)と、該マスクマークとは異なる位置に形成されたマスクアライメントマーク(RMa、RMb、RMc、RMd)とを有し、感光基板(W)は走査方向に連続的、又は断続的に形成された基板マーク(WM)と、該基板マークとは異なる位置に形成された基板アライメントマーク(WMa、WMb、WMc、WMd)とを有し、マスク上に形成されたマークと基板上に形成されたマークとの各々を照明するとともに、該各々のマークから発生した光を投影光学系(PL)を介して光電検出するマーク検出系(20~27)と、マーク検出系(20~27)によるマスク(R)のパターン面内におけるマークの検出位置を、パターン面内に規定される照明領域(EA)内、若しくは該照明領域の近傍の第1位置と、照明領域(EA)から走査方向のマスク(R)が送られてくる側にずれた第2位置との間で可動とする可動部材(24a、24b、8)と、マーク検出系(20~27)が第1位置でマスクアライメントマーク(RMa、RMb、RMc、RMd)と基板アライメントマーク(WMa、WMb、WMc、WMd)とを検出したと

きの検出結果を利用して、マスク(R)と感光基板

(W)とを同期的に移動させる駆動手段(MCS、2、4、5、6、12、13)と、走査露光中、マーク検出系(20~27)が第2位置でマスクマーク(RM_x、RM_y)と基板マーク(WM)とを検出したときの検出結果に基づいて、マスクマーク(RM_x、RM_y)と基板マーク(WM)との走査方向における位置ずれ量を求めるとともに、該位置ずれ量に基づいて、マスク(R)と感光基板(W)との走査方向における相対的な位置を調整する調整手段(MCS、12、13)とを有することとする。

【0011】

【作用】本発明においては、例えば図2に示すように走査露光に先立ってマーク検出系(アライメント系)の検出位置を照明領域EA内における位置ARa'、ARb'に配置し、図3に示す感光基板(ウェハ)上のアライメントマークWMa~WMdを検出する。そして、これらの検出結果に基づいて走査露光を行う際、アライメント系の検出位置は図2に示すように照明領域EAに対してマスク(レチクル)の走査方向であるX方向にずれた位置ARa、ARbに配置される。そして、例えば図3に示すようにレチクルを-X方向、ウェハをX方向に走査する場合、光軸AXbを有するアライメント系、すなわち図2における検出位置ARbに配置されたアライメント系によって、レチクルに設けられた走査露光中のアライメント用のマークRM_x、RM_y、及びウェハ上に形成された走査露光中のアライメント用のマークWMを夫々同時に検出し、レチクルとウェハとのずれ量を検出する。このずれ量の検出位置と、実際に露光される位置との間には所定の間隔があいているため、ずれ量を検出した点が同期走査に伴って照明領域の中心を通るときに、検出したずれ量が0となるようにウェハ、又はレチクルの位置を制御(調整)する。

【0012】このことによって、走査露光に先立って各ショット領域の位置を精度良く検出することができるとともに、走査露光中のレチクルとウェハとの位置ずれを先読みすることによって、ショット領域とレチクルのパターンとを高精度に重ね合わせた状態でパターンを露光することができる。

【0013】

【実施例】図1は本発明の実施例による走査露光装置の概略的な構成を示す図である。この図1において投影光学系PLは、フルフィールドタイプの1/5縮小投影レンズであり、レチクルR側とウェハW側がともにテレセントリックになっている。さて、照明光学系1は光源から射出される露光光をレチクルR上の所定の照明領域に照射する。この照明領域の中心点は照明光学系1及び投影光学系PLの光軸AXと一致している。レチクルRは少なくともX方向に大きく移動可能なレチクルステージ2上に吸着保持される。レチクルステージ2はコラム3

上をモータ4によってX方向に走査移動する。また、モータ4はレチクルRのアライメントのために、レチクルステージ2をY方向及びθ方向に微動させる。レーザ干渉計11はレチクルステージ2のXY座標系上における位置を逐次検出して主制御系MCSに出力する。駆動制御部13は主制御系MCSからのレチクルRの位置情報やレチクルステージ2のX方向、及びY方向の移動と速度に関するスピード信号に基づいてモータ4の駆動を制御する。また、ここでは図示していないが、レチクルステージ2はレーザ干渉計によってY方向における座標位置、及び回転（ヨーイング）誤差等が計測されているものとする。

【0014】レチクルR上の照明領域内に存在するパターンの像は、投影光学系PLによってウェハW上に結像投影される。ウェハWは2次元（X方向及びY方向）に大きく移動するウェハステージ5上に吸着保持される。このウェハステージはモータ6によって駆動される。レーザ干渉計10はウェハステージ5のXY座標系上における位置を逐次検出して主制御系MCSに出力する。駆動制御部12は主制御系MCSからのウェハWの位置情報やウェハステージ5のX方向、及びY方向の移動速度に関するスピード信号に基づいてモータ6の駆動を制御する。また、ウェハステージ5上には基準板FMが設置されており、この基準板FM上には後述するベースラインチェックのための所定形状の基準マークが設けられている。本実施例においてはウェハステージ5のX方向への移動によって走査露光を行い、Y方向への移動をステップングに使うものとするが、その逆であってもよいことは言うまでもない。

【0015】次にレチクルRとウェハWとに形成されたアライメントマークの配置の一例を図2、図3を用いて説明する。図2に示すレチクルRは、X方向に伸びたスクライプラインSLによって回路パターン領域が2分割されており、このようなレチクルを用いることによって、ウェハ上の1つのショット領域内に2つの半導体チップを形成することができる。そして、このレチクルRのスクライプラインSL上には複数の格子要素をX方向に一定ピッチで配置した格子マークRMxと、Y方向に一定ピッチで配置し、X方向に伸びた格子マークRMxとが設けられている。また、レチクルR上のパターン領域PAの周辺のX方向に伸びたストリートライン領域内には、そのストリートラインのX方向の両端にレチクルアライメントマークRMa、RMb、RMc、RMdが設けられている。また、図2において、破線で示す照明領域EA内のパターンの像が投影光学系PLを介してウェハW上に投影結像される。この照明領域EAは投影光学系PLの投影視野PLA内に規定される。

【0016】図3は、走査露光中のレチクルRとウェハWとのアライメントの様子を表す斜視図である。図3に示すように、レチクルRとウェハWとはX方向に沿って

互いに逆方向に走査移動される。ウェハW上には複数のパターン（ショット）領域SAが形成され、各ショット領域SAの中央部には、X方向及びY方向に一定のピッチで配置された格子マークWMが設けられている。この格子マークWMは、ショット領域SA内においてレチクルR上のストリートラインSLに対応して配置されている。また、夫々のショット領域の4隅にはウェハアライメント用のアライメントマークWma、Wmb、Wmc、Wmdが設けられている。

【0017】レチクルR上の格子マークRMxとウェハW上の格子マークWMとのX方向における相対位置ずれは、図3に示すようにレチクルRが-X方向に走査されているときは光軸AXbを有するアライメント光学系を介して検出され、レチクルRがX方向に走査されているときは、光軸AXaを有するアライメント光学系を介して検出される。レチクルR上の格子マークRMxとウェハW上の格子マークWMとのY方向における相対位置ずれも同様に、レチクルRが-X方向に走査されているときは光軸AXbを有するアライメント光学系を介して検出され、レチクルRがX方向に走査されているときは、光軸AXaを有するアライメント光学系を介して検出される。ここで、光軸AXaを有するアライメント系は図1に示す対物レンズ24aからビームを射出する。また光軸AXbを有するアライメント系は図1に示す対物レンズ24bからビームを射出する。この2つのアライメント系についての構成は後で詳述する。

【0018】図2に示すように、光軸AXaを有するアライメント系のレチクルR上でのマークの検出位置（ビームを照射する領域）ARaは、レチクルRのスクライプラインSL上で、照明領域EAに対して-X方向にずれた位置にあり、光軸AXbを有するアライメント系の検出位置ARbは、レチクルRのスクライプラインSL上で、照明領域EAに対してX方向にずれた位置にある。また、光軸AXaを有するアライメント系は、検出位置を図2に示す位置ARaから照明領域EA内の一方のストリートライン上の位置ARa'に移動させることが可能であり、光軸AXbを有するアライメント系は、検出位置を図2に示す位置ARbから照明領域EA内の他方のストリートライン上の位置ARb'に移動させることが可能である。これら2つのアライメント系は、走査露光に先立ってグローバルアライメントを行う際に、検出位置をARa'、ARb'に配置してウェハW上のアライメントマークWma、Wmb、Wmc、Wmdを検出する。そして走査露光時には検出位置をARa、ARbに配置し、ウェハW上の格子マークWMとレチクルR上の格子マークRMx、RMxとを検出する。アライメント系の検出位置の移動機構については後で詳述する。また、図11に示すように、基準板FM上には図2に示す2つのアライメント系の検出位置ARa、ARa'、ARb、ARb'の夫々に対応して基準マークF

Ma、FMa'、FMb、FMb' が形成されている。図11は基準板FMの中心と投影光学系PLの光軸AXとが一致した状態を示す。また、基準板FMは、投影光学系PLのウェハ上における投影分野とほぼ同じ大きさである。

【0019】次に、再び図1、図4～図8を参照してアライメント系について説明する。本実施例では、レチクルR、ウェハWの格子マークとウェハWの格子マークとのX及びY方向の位置ずれを検出するのに好適な干渉縞アライメント法を採用する。この干渉縞アライメント法の詳細は、例えば特開昭63-283129号公報、特開平2-227602号公報等に開示されているので、ここでは簡単に説明する。

【0020】図4は図1に示す2光束化周波数シフト部21及び光分割部22の構成の一例を示す斜視図である。He-Ne、He-Cd、又はArイオン等のレーザ光源20からのコヒーレントな直線偏光レーザは、2光束化周波数シフト部21に入射する。図4に示すように、2光束化周波数シフト部21は光源からのレーザをビームスプリッタ41でビームLB1とビームLB2に2分割する。ビームスプリッタ41で反射したビームLB1は音響光学変調器(AOM)43に入射し、ビームスプリッタ41を透過したビームLB2は、ミラー42で反射したのち、音響光学変調器(AOM)44に入射する。AOM43は周波数 f_1 の高周波信号でドライブされ、その周波数 f_1 で決まる回折角だけ偏向された1次回折光をビームLB1として出力する。また、AOM44は周波数 f_1 であるビームLB1との周波数差が Δf となるように周波数 f_2 ($f_2 = f_1 - \Delta f$)の高周波信号でドライブされ、同様にその周波数 f_2 で決まる回折角だけ偏向された1次回折光をビームLB2として出力する。AOM43から射出したビームLB1は、ミラー45、レンズ46、ミラー47、49を介して図1の光分割部22内に設けられた分割器15に入射する。AOM44から射出ビームLB2も同様に、レンズ48、ミラー49を介して、分割器15に入射する。

【0021】2光束化周波数シフト部(41～49)から射出されたビームLB1及びLB2の主光線は、アライメント光学系の光軸に関して対照的に偏心しており、光軸とはほぼ平行して分割器15に入射する。分割器15は三角柱状のプリズムを背中合せに貼り合わせたもので、その接合面が偏光ビームスプリッターとして作用する。この分割器15の三角柱状のプリズムの接合面は、ビームLB1の主光線とLB2の主光線とを含む平面に対して、夫々のビームLB1、LB2の入射方向に垂直な方向に45°傾いて配置されている。従って、図4に示すようにビームLB1は上側のプリズム15aに入射し、ビームLB2は下側のプリズム15bに入射する。そして、ビームLB1はプリズム15aから射出されるS偏光のビームLB1sとプリズム15b射出されるP偏

光のビームLB1pとに分割され、ビームLB2はプリズム15aから射出されるP偏光のビームLB2pとプリズム15b射出されるP偏光のビームLB2sとに分割される。そして、ビームLB1sとLB2sとの主光線を含む平面と、ビームLB1pとビームLB2pとの主光線を含む平面とはほぼ垂直である。また、4つの光束ビームLB1s、LB2s、LB1p、LB2pはアライメント系の光軸AX aからの距離(偏心量)が同一である。そして、これらの4光束はレンズ16を介してこのレンズの後側焦点位置で交差する4本の平行光束として射出され、図1における送光光学系23に入射する。以上の説明の如く、本実施例では簡単な構成によって1つのアライメント系に光軸AX aからの偏心量が同一となるように4本のビームを通すことができる。

【0022】さて、4つのビームLB1s、LB2s、LB1p、LB2pは図1における送光光学系23を介してミラーや対物レンズ等から構成される対物光学系24aに入射する。図5は対物光学系24a内の対物レンズ33から射出した4光束がレチクルR上の格子マークRMx、RMyを照射する様子を示す斜視図である。図5に示すように、ビームLB1s、LB2sは対物レンズ33の焦点位置に存在するレチクルRのパターン面で互いに平行光束となってX方向に交差して、レチクルR上の所定の領域ARaを照射する。この領域ARaは図2に示す領域(検出位置)ARAと同一のものである。そしてレチクルR上の格子マークRMx上に1次元の干渉縞を作る。また、格子マークRMxと格子マークRMyとの間の窓部を透過した2本のビームLB1s、LB2sは投影光学系PLを介してウェハW上の格子マークWM上で再びX方向に交差して、1次元の干渉縞を作る。そして、レチクルR上に作られる干渉縞は、2本のビームLB1s、LB2sの間に Δf の周波数差があることから、 Δf に比例した速度で干渉縞のピッチ方向(X方向)に流れる。ここで、格子マークRMxと干渉縞のピッチ方向とが一致するように、2本の送光ビームの入射方向を決定し、かつ格子マークRMxのピッチと干渉縞のピッチとが所定の関係(例えば整数比)になるように、2本のビームの交差角を決定する。このことによって格子マークRMxからは垂直方向に周波数差 Δf と同じビート周波数をもった干渉光が発生する。このことは、ウェハW上の格子マークWMと2本のビームLB1s、LB2sとの間にも言えることである。

【0023】上述と同様に、対物レンズ33を射出したビームLB1p、LB2pは平行光束となって、Y方向に交差し、レチクルR上の領域ARaを照明する。また、レチクルRを透過したビームLB1p、LB2pはウェハW上で互いに平行光束となってY方向に交差し、格子パターンWMを照明する。そして、レチクルR上の格子マークRMy、及びウェハW上の格子マークWM上で、Y方向に流れる1次元の干渉縞を作る。

【0024】図5はレチクルR側からみた格子マークRMx、RM_y、及び格子マークWMの位置関係を示す図である。矩形の領域ARaはビームLB1sとLB2sとがレチクルR上で交差する領域であり、ビームLB1pとLB2pとがレチクルR上で交差する領域でもある。格子マークRMx、RM_yはラインアンドスペースが1:1（デューティ50%）であり、これらのマークはY方向に微小量はなれており、この格子マークRMxとRM_yとの間にウェハW上に設けられた格子マークWMが投影される。この格子マークはX方向、及びY方向に所定ピッチで伸びた格子パターンから成り、基盤縞状に形成されている。レチクルRのパターン面に投影される格子マークWMのX及びY方向におけるピッチは、格子マークRMx、RM_yのピッチ（Pgr）と同じであるため、実際にウェハW上に形成されている格子マークのピッチは、投影光学系Pの投影倍率が1/5であるので、Pgr/5である。

【0025】図7は図1に示す光電検出ユニット25の概略的な構成を示す平面図である。ビームLB1s及びLB2sによって生じたウェハW（格子マークWM）からの干渉光と、レチクルR（格子マークRMx）からの干渉光は、干渉光BTとして投影光学系PLの光軸にほぼ平行して再び対物レンズ33に入射する。ビームLB1p及びLB2pによって生じた格子マークWMからの干渉光と、格子マークRM_yからの干渉光も同様に、干渉光BTとして対物レンズ33に入射する。干渉光BTはビームスプリッタ30によって反射され、対物レンズ35を介して平行光束となる。干渉光BTはP偏光の光を透過してS偏光の光を反射する偏光ビームスプリッタ50によって、再びP偏光の干渉光BTpとS偏光の干渉光BTsに分割される。

【0026】P偏光の干渉光BTpは、ビームスプリッタ51によって再び2分割され、一方の干渉光は遮光板52、レンズ54を介して光電検出器（フォトダイオード、フォトマル等）61に入射し、他方の干渉光は遮光板53、レンズ55を介して光電検出器62に入射する。遮光板52はレチクルR上の格子マークRMx、RM_yと共役な位置に配置され、マークRM_yからの干渉光のみを通して他の干渉光（マークRMx、マークWMからの干渉光）を遮光するような配置の開口52yを有する。同様に、遮光板53はウェハW上の格子マークWMと共役な位置に配置され、マークWMからの干渉光のみを通して他の干渉光（マークRMx、マークRM_yからの干渉光）を遮光するような配置の開口53yを有する。光電検出器61はマークRM_yからの干渉光を受光すると、正弦波上の検出信号SRyを図1に示す位相差検出部27に出力する。同様に、光電検出器62はマークWMからの干渉光を受光すると、正弦波上の検出信号SWyを位相差検出部27に出力する。

【0027】また、S偏光の干渉光BTsも同様に、ビ

ームスプリッタ56によって再び2分割され、一方の干渉光は遮光板57、レンズ59を介して光電検出器63に入射し、他方の干渉光は遮光板58、レンズ69を介して光電検出器64に入射する。遮光板57、及び遮光板58は上述の同様に、格子マークRMx、RM_y、及び格子マークWMと共役な位置に配置され、遮光板57はマークRMxからの干渉光のみを通して開口57xを有し、遮光板58はマークWMからの干渉光のみを通して開口58xを有する。また、光電検出器63、光電検出器64は、夫々正弦波上の検出信号SRx、SWxを位相差検出部27に出力する。

【0028】ここで、図1における基準検出系26は4本のビームLB1s、LB2s、LB1p、LB2pを送光光学系23から取り入れる。そして、S偏光のビームLB1s、LB2sのビート周波数Δfsを検出し、基準信号SFsとして位相差計測部27に出力するとともに、P偏光のビームLB1p、LB2pのビート周波数Δfpを検出し、基準信号SFpとして位相差計測部27に出力する。

【0029】位相差計測部27は光電検出器63、64からの検出信号SRx、SWxと基準信号SFsとの位相差から、ウェハW及びレチクルRのX方向における初期位置からのずれを求める。さらに、光電検出器61、62からの検出信号SRy、SWyと基準信号SFpとの位相差から、ウェハW及びレチクルRのY方向における初期位置からのずれを求める。

【0030】ここで、レチクルRとウェハWとの走査方向（X方向）の位置ずれの検出について考えると、レチクルRとウェハWとが静止した状態ではどちらの検出信号SWx、SRxの周波数もΔfであるが、本実施例のようにスキャン露光である場合は、レチクルRもウェハWも2本の送光ビームの交差領域に対してピッチ方向に速度v（mm/s）で移動している。従ってレチクルR及びウェハWからの干渉光がドップラー効果を受け、検出信号SRx、SRyの周波数は次式のようになる。

$$f_s = \Delta f + 2v/P_g$$

ここで、P_gは格子マークRMx又は格子マークのピッチである。従って、周波数f_sとして位相差計測上で問題とならない値が確保できるように走査速度vを低めに設定しておく。

【0031】そして、レチクルRの格子マークRMxとウェハWの格子マークWMが、そのピッチ方向にずれているときは、2つの信号SRx、SWxの間に位相差Δφが生じる。位相差計測部27は先の基準検出系26からの基準信号SFsに基づいてこの位相差Δφを検出し、検出された位相差に対応した位置ずれ量を求めて、主制御系MCSに出力する。このことについては特開平4-307720号公報に詳細に記載されている。

【0032】また、非走査方向（Y方向）の位置ずれ検出については、ウェハWとレチクルRとの走査にさほど

関係なく、位相差計測部27は、検出信号 SW_y 、 SR_y と基準信号 SF_p とに基づいてレチクルR上の格子マーク RM_y とウェハW上の格子マークWMとのY方向における位置ずれ量を検出し、主制御系MCSに出力する。主制御系MCSは位相差計測部27からのX方向、及びY方向における位置ずれ量の値を入力し、ウェハステージ5の駆動制御部12、又はレチクルステージ2の駆動制御部13に逐次補正值を出力する。上述のように、本実施例におけるアライメント系は、レチクルRとウェハWとのX方向における位置ずれ量とY方向における位置ずれ量とを同時に検出することができる。

【0033】また、ショット領域SAの4隅に形成されたアライメントマーク $WM_a \sim WM_d$ 、及び基準板FM上に形成された基準マーク FM_a 、 FM_a' 、 FM_b 、 FM_b' も先の格子マークWMと同一形状のマークであり、レチクルR上のアライメントマーク $RM_a \sim RM_d$ も格子マーク RM_x 、 RM_y と同一形状のマークであるため、アライメント系は上述と同様にこれらのマークを検出することができる。ただし、アライメント系がこれらのマークを検出する際は、レチクルステージ、及びウェハステージが静止した状態である。

【0034】また、対物光学系24aは図1に示す駆動装置8によってレチクルRの上方の投影光学系PLの光軸AXに垂直な面内において2次元移動可能となっており、ウェハW上に設けられたマークとレチクルR上に設けられたマークとの検出位置を変更することが可能である。この対物光学系の移動については、例えば特開平2-231504号公報、特開平5-175097号公報等に開示されているので、ここでは簡単に説明する。

【0035】図8は図1に示す対物光学系24aの概略的な構成の一例を示す斜視図である。図8に示すように、上述の4本のビームLB1s、LB2s、LB1p、LB2pは送光光学系23内に配置されているビームスプリット30、1/4波長板31を介して対物光学系24a内に入射する。対物光学系24aはミラー32、対物レンズ33、ミラー34から構成され、ビームをレチクルR上に照射する。また、レチクルRとウェハWからの干渉光は対物光学系24a、1/4波長板31、ビームスプリット30を介して光電検出ユニット25内に設けられた対物レンズ35に入射する。

【0036】また、ミラー34と対物レンズ33とは不図示の保持金物で一体に固定されており、図1に示す駆動装置8はこの保持金物を駆動することによってミラー34と対物レンズ33とを一体にY方向に移動させる。さらに、ミラー34、対物レンズ33及びミラー32も不図示の保持金物で一体に固定されており、図1に示す駆動装置8はこの保持金物をX方向に移動することによってミラー34、対物レンズ33及びミラー32をX方向に移動させる。本実施例では対物レンズ33の前側焦点位置と対物レンズ35の後側焦点位置とがほぼ一致

するように、対物レンズ33及び35が配置されている。また、各対物レンズ33、35の焦点距離と対物レンズ33の移動量とを制限することによって、光路長を補正するための光学系（例えばトロンボーン光学系等）を使用せずに、実用上全く問題なく簡単な構成のまま対物レンズ33の検出位置を移動可能としている。

【0037】次に、走査露光中のアライメント動作について図3、及び図9を用いて説明する。図9はウェハ上における露光の照明領域 E_A' に対して歪みが生じているショット領域SAが走査される様子を表す図である。ウェハ上に形成された各ショット領域は、ウェハステージの送りのくせやプロセス時の熱によるウェハの歪み、ウェハとウェハホルダーとの間にはさまれた異物等によって、曲がりや歪みが生じていることがある。従って、これらの曲がりや歪みによる重ね合わせ精度の低下を防ぐため、走査露光中にウェハとレチクルとの位置ずれを検出し、そのずれを補正する。本実施例では露光の照明領域に入る前（パターンが露光される前）のウェハとレチクルとの位置ずれを検出し、そのずれ量が照明領域内ではほぼ零となるようにウェハの位置を補正（調整）する。即ち、ウェハとレチクルとの位置ずれを先読みする。

【0038】図3に示すように、レチクルRがX方向に走査されるとき（ウェハWが-X方向に走査されるとき）は、光軸AXaを有するアライメント系がレチクルR上の格子マーク RM_x 、 RM_y と、ウェハW上の格子マークWMとを検出し、レチクルRとウェハWとのX及びY方向におけるずれを検出する。逆に、レチクルRが-X方向に走査されるとき（ウェハWがX方向に走査されるとき）は、光軸AXbを有するアライメント系がレチクルR上の格子マーク RM_x 、 RM_y と、ウェハW上の格子マークWMとを検出し、レチクルRとウェハWとのX及びY方向におけるずれを検出する。

【0039】ここで、図9に示すように、レチクルとウェハとの位置ずれを検出する位置が、照明領域の中心点から走査方向（X方向）にレチクルRとのY方向における相対位置ずれ Δd を検出する。このとき、主制御系MCSはステージの座標位置（ P_a 、 P_b ）をレーザ干涉計10から読み取るとともに、検出したずれ量 Δd を入力する。そして、検出点SPが照明領域 E_A' の走査方向における中心部を通過するとき、即ちレーザ干涉計が読み取るX座標値が $P_a + \Delta T$ となると、検出したずれ量 Δd が0になるようにウェハステージをフィードバック制御する。即ち、ウェハステージのY座標値を $P_b + \Delta d$ にする。そして、例えばウェハとレチクルとの位置ずれを数msごとに検出し、上述のごとく検出したずれ量を順次補正していくことで、走査露光中、照明領域内におけるウェハとレチクルとの位置ずれを常に補正した状態でレチクル上のパターンがウェハ上に投影露光される。また、ウェハとレチクルとの位置ずれを先読みし

ているため、走査速度が比較的速くてもウェハとレチクルとの位置ずれを高精度に補正することが可能となる。

【0040】また、X方向の位置ずれについても上述と同様に、アライメント系で求めたX方向におけるレチクルとウェハとの位置ずれ量に基づいて、スキャン方向における走査速度を制御することにより補正することができる。また、本実施例においてはウェハステージを微動させてウェハとレチクルとの相対位置ずれを補正したが、レチクルステージを微動させて位置ずれを補正してもよいことはいうまでもない。

【0041】次に、本実施例による装置の動作（アライメントシーケンス）について図10のフローチャート図を用いて簡単に説明する。まず、ステップ101においてウェハの交換が行われ、ウェハステージ2上にウェハが吸着保持される。次のステップ102において、主制御系MCSは駆動装置8を介して2つの対物光学系24a、24bのマークの検出位置を図2に示す位置ARa'、ARb'へ移動させる。次にステップ103においてウェハステージ5上の基準板FMを投影光学系PLの真下に配置する。そして、2つのアライメント系によって基準板FM上のマークを検出し、マークの検出位置と投影光学系PLの光軸AXとの距離を計測する（ベースラインチェックを行う）。

【0042】次に、主制御系MCSはステップ104～107においてグローバルアライメントを行う。本実施例においては高スループットでアライメント精度の良いエンハンスメント・グローバルアライメント（EGA）方式を利用する。このEGA方式の詳細については特開昭61-44429号公報に開示されているため、ここでは詳細な説明を省略する。

【0043】各ショット内には4つのアライメントマークWMa～WMd（図3参照）が設けられているが、各ショットに対して4つのアライメントマークを検出する必要はなく、サンプルアライメント用の各ショットに対して最低1点のマークを検出すればよい。このとき検出したマークの位置がウェハWの全面に渡りほぼ均等に分布していることが望ましい。本実施例においてはアライメント系が2つあるので、計測効率を上げるため、これら2つのアライメント系でアライメントマークWMaとWMb、若しくはWMcとWMdを同時に検出する。そして、サンプルアライメント用のショット領域として、アライメントマークWMa、WMbが検出される8個のショット領域S1～S8、及びアライメントマークWMc、WMdが検出される8個のショット領域S9～S16を予め定めおく。

【0044】主制御系MCSは先ずステップ104において、2つのアライメント系がサンプルアライメント用の各ショット領域S1～S8のアライメントマークWMa、WMbの像を順次検出するように、駆動制御部12を介してステージ5の移動を制御する。そして、ステッ

プ105において検出したサンプルショットの数nが8個になるとステップ106へ進み、同様にして2つのアライメント系がサンプルアライメント用の各ショット領域S9～S16のアライメントマークWMc、WMdの像を順次検出するように、ステージ5の移動を制御する。そして、ステップ107において検出したサンプルショットの数が8個になると、次のステップ108へ進み、対物光学系24a、24bのマークの検出位置を図2に示す位置ARa、ARbへ移動させる。上述のEGA方式によるグローバルアライメントにより、主制御系MCSはウェハW上における各ショット領域の歪み、各ショット領域の倍率、回転、直交度等を求め、主制御系MCSはこれらの値に基づいて露光を行う。また、本実施例においてはアライメントマークWMa、WMbの検出時にレチクル上格子マークRMa、RMbも同時に検出し、アライメントマークWMc、WMdの検出時にレチクル上格子マークRMc、RMdも同時に検出する。このことにより、レチクルステージ上におけるレチクルの位置情報を得ることができ、例えばレチクルがレチクルステージ上でずれて載置されているとき等に、レチクルステージの位置を微調整してそのずれを補正することが可能となる。

【0045】対物光学系24a、24bを移動させた後、主制御系MCSはステップ109において基準板FMを投影光学系の真下に配置し、再度ベースラインチェックを行う。ベースラインチェックが終了すると、次にステップ110へ進み、先のグローバルアライメントの計測結果に基づいてウェハステージ5及びレチクルステージ2を露光開始位置に配置したのち、各ステージを同期的に走査させてウェハ上のショット領域に対してレチクルのパターンを投影露光する。この走査露光中、主制御系MCSは2つのアライメント系からの検出結果に基づいて、レチクルとウェハとの位置ずれを補正する（ステップ111）。この走査露光中のアライメント動作については先に説明した通りである。そして、1つのショット領域の露光が終了すると、次にステップ112に進み、ウェハW上のN個のショット領域全ての露光を終了していなければ、再度ステップ110に戻り、各ショット領域に対してレチクルのパターンを順次露光していく。このとき、例えばある1つのショット領域に対してウェハをX方向、レチクルを-Y方向に走査して露光を行ったときは、露光終了後ウェハステージをY方向にステッピングさせて、次のショット領域に対してはウェハステージを-X方向、レチクルステージをX方向に走査させて露光を行うようにする。

【0046】以上のシーケンスによってウェハ上に形成されたショット領域とレチクル上のパターン領域とを高精度に重ね合わせて露光することが可能となる。また、本実施例においては半導体チップを2つ形成するレチクル、即ちスクライプラインが中央部に1つ形成されてい

るレチクルに対応して、アライメント系の検出位置が定められているが、半導体チップを3つ形成するレチクル（スクライプラインが2つ形成されているレチクル）についても、そのスクライプラインの位置に応じてアライメント系の検出位置を定めることによって先の実施例と同様に走査中のアライメントが可能である。このように、アライメント系の検出位置は任意の位置に配置することが可能であるため、使用するレチクルに設けられた格子マーク（走査中のアライメント用のマーク）の位置や、レチクルの大きさに応じて、アライメント系の検出位置を定めることができる。このとき、基準板FM上の基準マークもアライメント系の検出位置に対応して配置しなければならないため、図12に示すように、各アライメント系における複数の検出位置をカバーできる大きさの基準マークFMa、FMa'、FMb、FMb'を設ける。

【0047】また、本実施例におけるアライメント系で用いる光は露光光とは異なる波長の光であるため、投影光学系はこのビームに対して倍率色収差（ディストーション）を発生する。従って、このディストーションによるアライメント位置の誤差を補正する必要がある。このディストーションによるアライメント位置の誤差を補正する技術に関しては例えば特開平4-45512号公報に開示されており、本実施例における露光装置内に露光光の波長と同じ波長の光を用いたTTR（スルー・ザ・レチクル）アライメント系（露光波長アライメント系）を設けるとともに、その露光波長アライメント系で検出するマークを基準板FM上に設ける。そして、本実施例における別波長アライメント系で検出されたアライメント誤差量と、露光波長アライメント系で検出されたアライメント誤差量との差を、ディストーションに起因したX、Y方向のオフセット量とする。このことによって、別波長のアライメント系によるアライメント誤差を正確に求めることができ、さらに高精度にレチクルパターンとウェハ上のショット領域とを重ね合わせることが可能となる。

【0048】

【発明の効果】以上、本発明によれば、マスク（レチクル）のパターンを感光基板（ウェハ）上に走査露光する際に、マスク（レチクル）と基板（ウェハ）との相対的な位置ずれ量を露光光の照明領域から走査方向にずれた位置で検出し、ウェハ及びレチクル上の検出点が露光光の照明領域内にあるときに、そのずれ量が0となるようにフィードバック制御するため、ウェハ上の1つのショット領域が歪んでいたり、非線形に伸縮していたとしても、常にその1つのショット領域の全面で極めて高い重ね合わせ精度を得ることができる。また、位置ずれの検出は、その検出点が露光光の照明領域に入る前の位置で行われる（位置ずれを先読みしている）ため、ウェハとレチクルとの走査速度がある程度速くなくても、位置ず

れの補正が追いつかなくなることはない。

【0049】また、ウェハ又はレチクル上のマークを検出するマーク検出系（アライメント系）は、検出位置を所望の位置に移動させることができるため、例えば本実施例のごとく走査露光前に行われるグローバルアライメントと走査露光中におけるウェハとレチクルとの相対位置ずれ検出と兼用して行うことができるとともに、マーク検出時に付加される各種の誤差要因が少なくなり、アライメント精度の向上が計れる。

【0050】また、レチクルステージにヨーイングやミラー曲がりが生じていたとしても、走査露光時にレチクル上のマークを検出することで、ウェハ上に曲がりや歪みのないショット領域を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による走査露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図2】レチクル上のマークの配置を説明する図である。

【図3】走査露光中のレチクルとウェハとのアライメントの様子を表す斜視図である。

【図4】図1に示す2光束化周波数シフト部21及び光分割部22の構成の一例を示す斜視図である。

【図5】対物光学系24a内の対物レンズ33から射出した4光束がレチクルR上の格子マークRMx、RMyを照射する様子を示す斜視図である。

【図6】図1における装置で使用するレチクルとウェハとの格子マークの配置を示す図である。

【図7】図1に示す光電検出ユニット25の概略的な構成を示す平面図である。

【図8】図1に示す対物光学系24aの概略的な構成の一例を示す斜視図である。

【図9】走査露光中のアライメント動作について説明する図である。

【図10】図1における装置のアライメントシーケンスを説明するフローチャート図である。

【図11】基準板上に設けられる基準マークの配置の一例を示す図である。

【図12】基準板上に設けられる基準マークの配置の他の例を示す図である。

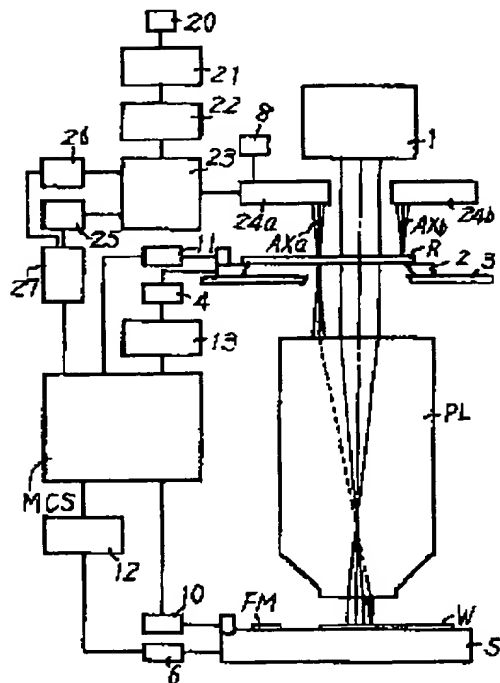
【符号の説明】

- W・・・ウェハ
- R・・・レチクル
- PL・・・投影光学系
- 2・・・レチクルステージ
- 5・・・ウェハステージ
- 6、11・・・モータ
- 8・・・駆動部
- 10、11・・・レーザ干渉計
- 12、13・・・駆動制御部
- 20・・・レーザ光源

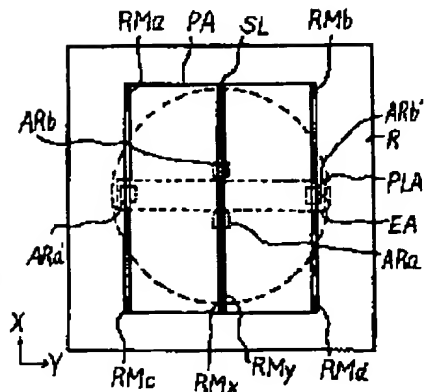
24a、24b・・・対物光学系
 27・・・位相差計測部
 MCS・・・主制御系
 FM・・・基準板

RMa、RMb、RMc、RMd・・・アライメントマ
 ーク
 RMx、RMy、WM、WMx、WMy・・・格子マ
 ーク

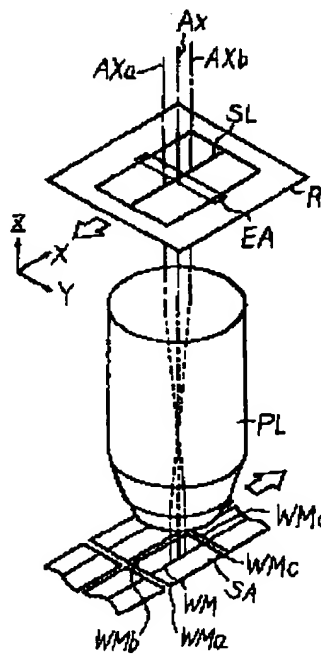
【図1】



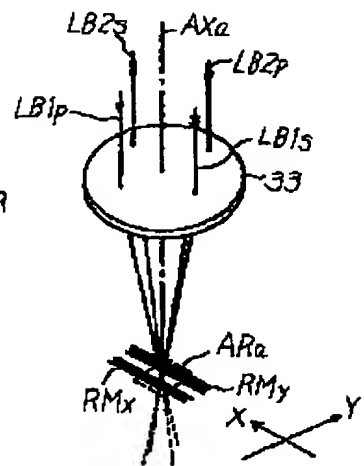
【図2】



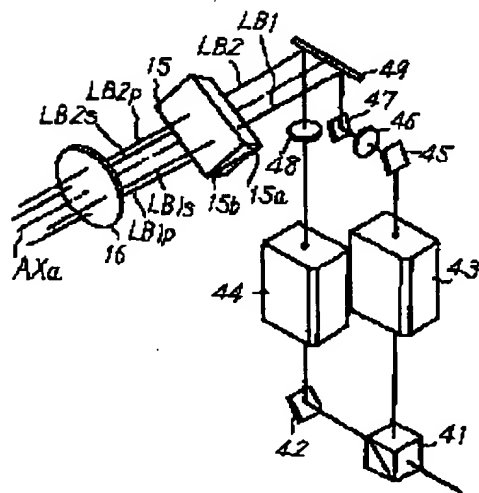
【図3】



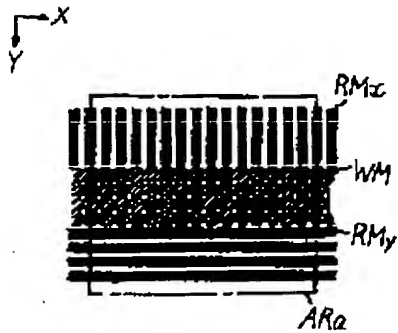
【図5】



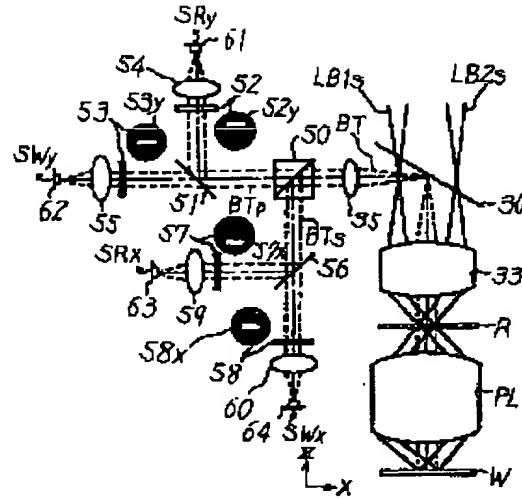
【図4】



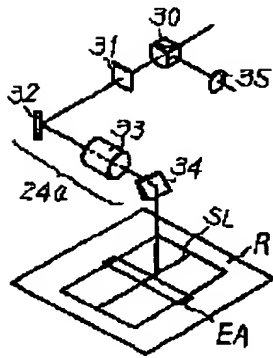
【図6】



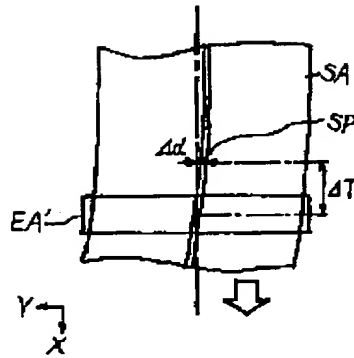
【図7】



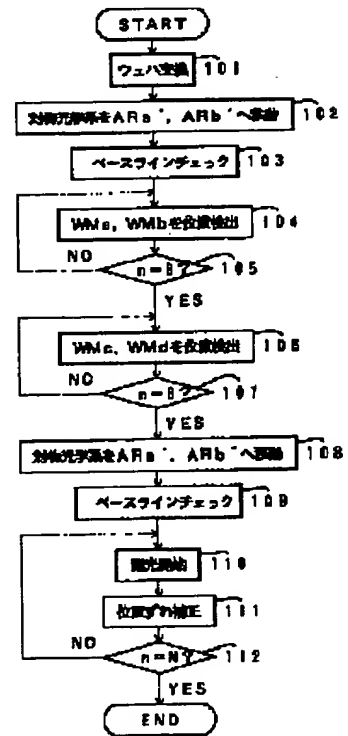
【図8】



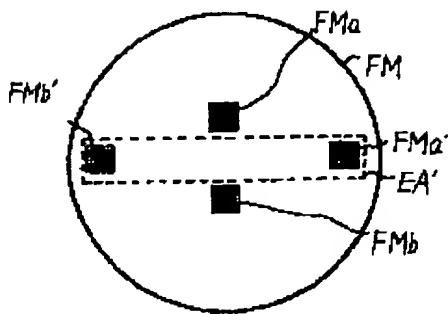
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

